IVES Technical Reviews
viña & vino

https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2025.8497

Vinificación en tubos de ensayo: una metodología para el enotipado de alto rendimiento de vinos blancos obtenidos de uvas cosechadas de vides individuales

Patricia Claudel[1], **Vincent Dumas**[1], **Cécile Thibon**[2], **Gregory Lemarquis**[3], **Nathalie Jaegli**[1], **Ana Sivsivadzé**[1], **Raymonde Baltenweck**[1], **Philippe Hugueney**[1], **Éric Duchêne**[1]

[1] Université de Strasbourg, INRAE, UMR SVQV, 68000 Colmar, France,
[2] Université de Bordeaux, INRAE, Bordeaux Sciences Agro, Bordeaux INP, UMR ŒEnologie, ISVV, 33882 Villenave d'Ornon, France,
[3] INRAE, UEAV, 68000 Colmar, France

El aroma de la uva ha sido un factor clave para la selección de variedades de vid durante siglos[1] y sigue siendo un determinante crucial para la calidad del vino. No obstante, entender la composición de la uva por sí solo no es suficiente para predecir con exactitud la calidad y las características del vino resultante. Mientras numerosos estudios han explorado la base genética de la biosíntesis de los aromas de la uva[2], y a pesar del creciente conocimiento acerca de la composición del vino, la base genética de la diversidad de los compuestos odorantes del vino se mantiene relativamente inexplorada. Para investigar la relación entre la variación genética y los compuestos odorantes en un amplio número de genotipos de vid, desarrollamos un método de vinificación en tubos de ensayo (VTE) a pequeña escala y de alto rendimiento para producir vinos blancos a partir de uvas de vides individuales.

Trasfondo y objetivos del estudio

Los vinos experimentales suelen ser producidos en garrafas de 10 a 25 litros, pero esa escala no es viable para estudios genéticos que incluyen centenas de genotipos. Se necesita, por lo tanto, un método simple y estandarizado que pueda ser aplicado a una escala mucho más pequeña, para permitir un enotipado de alto rendimiento para vinos blancos. Con el fin de abordar este problema, desarrollamos un protocolo específico para producir vinos blancos con menos de 100 ml de mosto. Evaluamos el método de VTE en variedades de vides comerciales y genotipos de una progenie biparental, cubriendo una amplia paleta aromática. Los vinos fueron analizados usando los parámetros enológicos estándares y la caracterización por GC-MS de los compuestos volátiles.

Vinificación de vinos blancos a pequeña escala y alto rendimiento

De 1 a 2,5 kg de uvas fueron cosechadas de una selección de variedades de vides comerciales (riesling, gewurztraminer, chardonnay, chasselas, floreal y muscat à petits grains blancs (moscatel de grano menudo)) y cuatro genotipos seleccionados de la progenie de una cruza biparental entre riesling y gewurztraminer[3], representando una amplia paleta aromática. Los mostos fueron obtenidos después del prensado de las uvas usando un Tamiz Automático C80® (ROBOT COUPE SNC, Vincennes, Francia) y se añadieron 6 g/hl de SO_2 antes del centrifugado (3500 rpm, 10 min). Después de 24 h de decantado a 10 °C y trasiego, los mostos clarificados fueron suplementados con i) mosto concentrado y rectificado para obtener una concentración de alcohol final de 12,5 %, y ii) fosfato diamónico para obtener 200 mg/l de nitrógeno asimilable. Los mostos fueron inoculados con la cepa de levadura Levulia® GC (AEB-France, Sigolsheim, Francia). El mosto de cada variedad fue entonces distribuido en 5 tubos de 85 ml para la fase de fermentación, la que fue efectuada en un ambiente a temperatura controlada a 22 °C (Figura 1). Al final de la fermentación, los vinos obtenidos fueron estabilizados con 8 g/hl de SO_2 y almacenados en una habitación fría a 10 °C antes del análisis.

Se requirió un área de 0,3 m² para efectuar 50 VTE. Dos personas se encargaron de las operaciones prefermentativas, incluyendo el despalillado, aplastado, extracción del mosto, decantado e

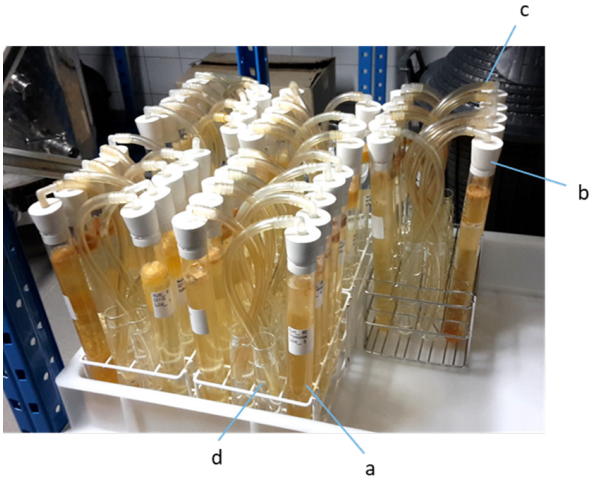


FIGURA 1. Montaje experimental de la vinificación en tubos de ensayo. Se transfirieron 85 ml de mosto a tubos de vidrio de 100 ml (a) sellados con un tapón de goma (b) ajustados con un tubo de burbujas flexible (c) cuyo extremo estaba inmerso en un tubo de agua (d) para prevenir la oxidación del vino durante la fermentación.

TABLA 1. Promedios ± desviaciones estándar (n = 5, excepto para la muscat, n = 3) de los parámetros enológicos de los vinos obtenidos por vinificación en tubos de ensayo (VTE).

Variedad o Genotipo	pH	Glucosa + Fructosa (g/l)	Alcohol (% v/v)
Chardonnay	$3,30^{d*} \pm 0,02$	$1,44^{bcd} \pm 1,52$	$13,8^{ab} \pm 0,25$
Floreal	$3,53^{b} \pm 0,02$	$0,44^{cd} \pm 0,31$	$12,6^{ab} \pm 0,88$
Gewurztraminer	$3,65^{a} \pm 0,04$	$0,94^{cd} \pm 0,68$	$15,0^{a} \pm 1,27$
Riesling	$2,82^{g} \pm 0,02$	$4,42^{a} \pm 2,28$	$13,0^{ab} \pm 0,85$
Chasselas	$3,39^{c} \pm 0,02$	$0,30^{d} \pm 0,00$	$11,0^{b} \pm 1,67$
Muscat à petits grains blancs	$3,03^{e} \pm 0,01$	$1,43^{bcd} \pm 1,04$	$14,2^{ab} \pm 0,86$
0074E	$3,31^{d} \pm 0,02$	$3,26^{abc} \pm 1,41$	$15,0^{a} \pm 1,22$
0211E	$3,05^{e} \pm 0,02$	$4,02^{ab} \pm 2,4$	$15,1^{a} \pm 0,72$
0238E	$2,92^{f} \pm 0,02$	$1,04^{cd} \pm 1,26$	$13,2^{ab} \pm 2,87$
4095G	$2,90^{f} \pm 0,02$	$0,78^{cd} \pm 0,69$	$15,1^{a} \pm 0,47$

*Diferentes letras indican diferencias significativas a $p \leq 0,05$, según el test de diferencia honestamente significativa de Tukey.

La traducción de este articulo al español ha sido ofrecida por la Universidad de La Rioja-Proyecto Enorregión-Campus Internacional del Vino. Plan de Transformación Gobierno de La Rioja

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

inoculación con levaduras. El proceso de vinificación fue monitoreado por una sola persona.

Evaluación de los parámetros enológicos

Todas las fermentaciones efectuadas usando el método de VTE alcanzaron la casi sequedad en un plazo de 25 días. Los valores de los parámetros enológicos (pH, azúcar residual y contenido en alcohol) de los vinos resultantes concordaron con los estándares enológicos usuales (Tabla 1).

Discriminación de los vinos basada en sus improntas volátiles

Con el objetivo de investigar la habilidad de las VTE para discriminar entre variedades, efectuamos una caracterización de los compuestos volátiles. Los compuestos volátiles fueron extraídos de muestras de 3 ml de cada vino por microextracción en fase sólida con espacio de cabeza (HS-SPME) y analizados por cromatografía de gases con espectrometría de masas (GC-MS). Se identificaron un total de 108 compuestos volátiles de diferentes familias químicas. Estos incluyeron compuestos odorantes derivados de la fermentación, tales como ésteres, ácidos grasos volátiles y alcoholes superiores, al igual que compuestos varietales como los monoterpenos, C13-norisoprenoides y C15-sesquiterpenos. También se detectaron algunos bencenoides, aldehídos, cetonas y lactonas. Se analizaron los tioles volátiles mediante un método de extracción específico descrito por Thibon *et al*[4].

Los resultados, resumidos en la Figura 2, demuestran que el método de VTE puede discriminar variedades de uva según sus improntas volátiles. Las variedades de sabores intensos similares a la muscat (muscat, 00074E) muestran cargas positivas tanto en el Eje 1 (Dim1) como en el Eje 2 (Dim2) (Figura 2A) y presentan altos niveles de monoterpenoles, tales como el linalool y el α-terpineol (Figura 2B). El genotipo 4095G se caracteriza por una alta coordenada positiva en la Dim1 y una coordenada negativa en la Dim2, junto con altos niveles de monoterpenoles. Estos compuestos varietales contribuyen a las características florales, frutales y cítricas de estos vinos[5]. Las variedades aromáticas aparte de la muscat, tales como la riesling y la gewurztraminer, con cargas negativas tanto en Dim1 como Dim2, se encuentran separadas de las variedades no aromáticas, tales como la chasselas y la chardonnay, con cargas positivas en Dim1 y negativas en Dim2. La gewurztraminer presentó altos niveles de terpenoles, y en particular el mayor contenido de citronelol de todas las variedades estudiadas. La riesling y el genotipo 0238E presentaron los mayores niveles de TDN, un compuesto C13-norisoprenoide conocido por sus fragancias similares al petróleo u olores de 'piedra mojada' en vinos riesling jóvenes, los que contribuyen significativamente a la tipicidad aromática de esta variedad[6] [7]. Se encontraron altas concentraciones de 3-sulfanilhexan-1-ol (3SH) en la gewurztraminer y 4095G, con niveles particularmente altos en 00074E. En cambio, la 4-metil-4-sulfanilpentan-2-ona (4MSP) fue detectada solo en la floreal y 00074E. Estos tioles volátiles son apreciados por sus agradables aromas frutales, que evocan brotes de grosellas, maracuyá y pomelo.

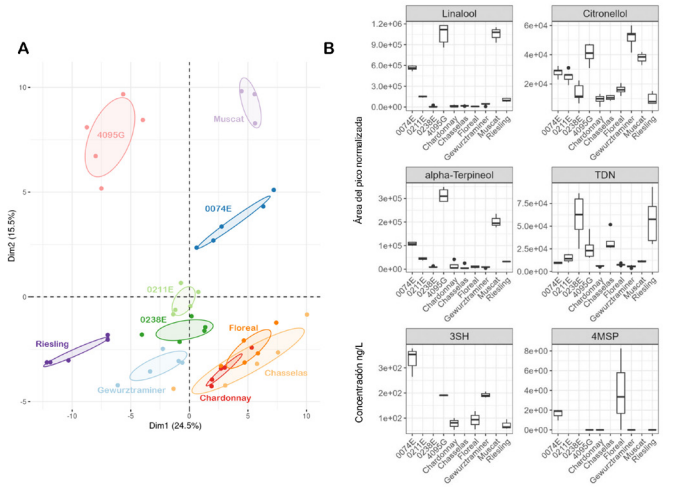


FIGURA 2. Caracterización de los compuestos volátiles en los vinos producidos por vinificación en tubos de ensayo (VTE). (A) Análisis de componentes principales (ACP) que ilustra la discriminación de los vinos según las variedades de uva. (B) Variación de compuestos volátiles significativos seleccionados en las diferentes muestras de vinos. TDN: 1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftaleno, 3SH: 3-sulfanilhexan-1-ol, 4MSP: 4-metil-4-sulfanilpentan-2-ona.

Conclusión

Nuestro estudio demuestra que el método de VTE es altamente efectivo para producir vinos blancos a muy pequeña escala (i.e., menos de 100 ml), mientras que refleja fielmente el potencial aromático de diferentes variedades de uva. Este método de vinificación a pequeña escala y alto rendimiento facilita la producción de cientos de vinos blancos, permitiendo que se evalúe el potencial enológico de numerosos genotipos de vid a partir de la cosecha de una cepa individual. Esta estrategia de fenotipado directo enfocada en el vino fue diseñada para preparar el camino hacia un determinismo genético científico de los aromas del vino, y en particular para compuestos que no se encuentran directamente presentes en las uvas; también abre nuevas vías para mejorar la cruza de variedades de uvas con características deseables.

Además, esta técnica ofrece ventajas significativas para los profesionales de la industria del vino, tales como bodegueros y departamentos de I&D en la producción del vino, ya que provee medios rápidos y eficientes en recursos para evaluar las técnicas de fermentación o tratamientos a pequeña escala antes de la implementación a escalas mayores. Este método puede ser potencialmente utilizado para estudiar dinámicas de fermentación, explorar el potencial enológico de cepas de levaduras, evaluar la estabilidad de los vinos y estudiar el impacto de diferentes prácticas vitícolas y factores ambientales en la calidad del vino. ■

Información extraída del artículo de investigación "A test-tube vinification method for high-throughput characterisation of the oenological and aromatic potential of white wines" (OENO One, 2024).

1 Lacombe, T. (2012). Contribution à l'étude de l'histoire évolutive de la vigne cultivée (Vitis vinifera L.) par l'analyse de la diversité génétique neutre et de gènes d'intérêt. [Thesis, Institut National d'Etudes Supérieures Agronomiques de Montpellier]. https://hal.inrae.fr/tel-02811247

2 Lin, J., Massonnet, M., & Cantu, D. (2019). The genetic basis of grape and wine aroma. *Horticulture Research*, 6(1), 81. https://doi.org/10.1038/s41438-019-0163-1

3 Duchêne, E., Butterlin, G., Dumas, V., & Merdinoglu, D. (2012). Towards the adaptation of grapevine varieties to climate change: QTLs and candidate genes for developmental stages. *Theoretical and Applied Genetics*, 124(4), 623-635. https://doi.org/10.1007/s00122-011-1734-1

4 Thibon, C., Pons, A., Mouakka, N., Redon, P., Méreau, R., & Darriet, P. (2015). Comparison of electron and chemical ionization modes for the quantification of thiols and oxidative compounds in white wines by gas chromatography–tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1415, 123-133. https://doi.org/10.1016/j.chroma.2015.08.027

5 Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, B., & Lonvaud, A. (2006). Handbook of Enology Volume 1 The Microbiology of Wine and Vinifications (2nd ed.). John Wiley & Sons, Ltd.

6 Winterhalter, P., & Schreier, P. (1994). C13-Norisoprenoid glycosides in plant tissues: An overview on their occurrence, composition and role as flavour precursors. *Flavour and Fragrance Journal*, 9(6), 281-287. https://doi.org/10.1002/ffj.2730090602

7 Schüttler, A., Friedel, M., Jung, R., Rauhut, D., & Darriet, P. (2015). Characterizing aromatic typicality of Riesling wines: merging volatile compositional and sensory aspects. *Food Research International*, 69, 26-37. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.12.010

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.